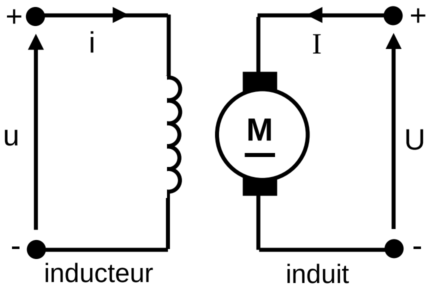
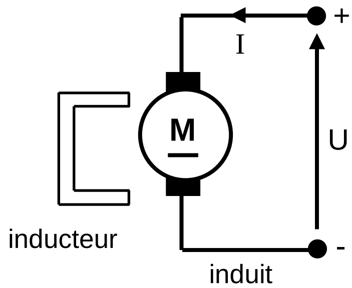
Moteur à excitation séparée

Symbole



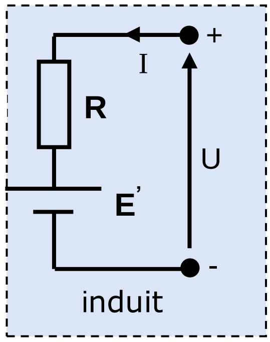
Moteur à aimant permanent

Symbole



Loi d'Ohm et schéma équivalent de l'induit :

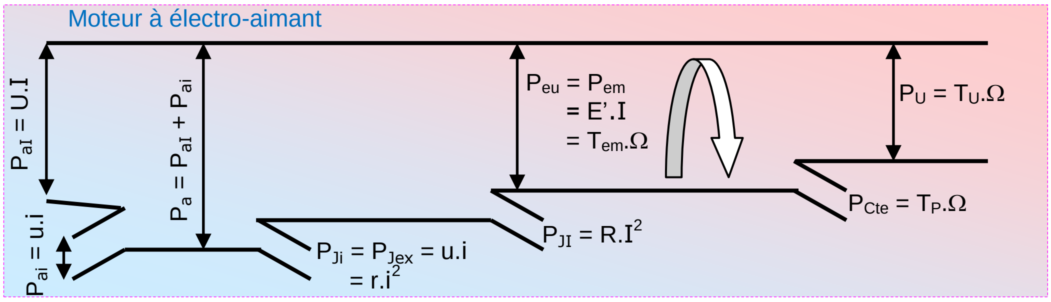
$$U = E' + R.I$$

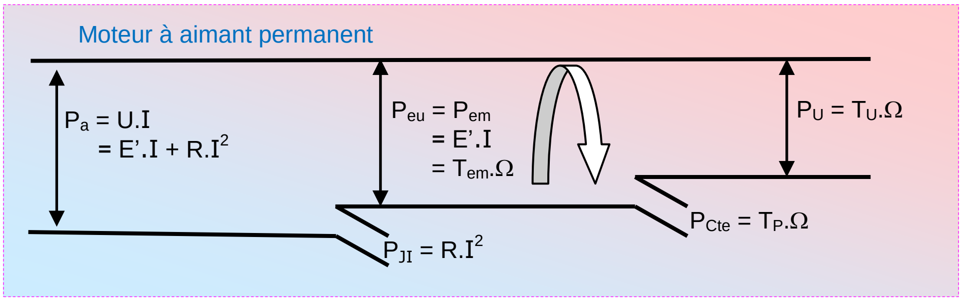


$$E' = n . N . \Phi$$ avec :

E' : f.c.é.m. induite en Volts « V »
n : fréquence de rotation en « tr / s »
N : nombre de conducteurs actifs sur l'induit
Φ : flux inducteurs sous un pôle en Webers « Wb »

Bilan des puissances





Couple électromagnétique unité en (**N.m**)

$$T_{em} = \frac{Peu}{\Omega} = \frac{E'.I}{\Omega} = \frac{n.N.\phi.I}{\Omega}$$

Or la fréquence de rotation n(tr/s)
et la vitesse angulaire Ω (rad / s)
sont reliées par la relation $\Omega = 2.\pi.n$
d'où :

$$T_{em} = \frac{n.N.\phi.I}{2.\pi.n} = \frac{N.\Phi.I}{2.\pi}$$

Le couple utile . unité en (**N.m**)

$$T_u = \frac{Peu - Pc}{\Omega} = \frac{Pu}{2.\pi.n}$$

Moment du couple moteur : $T_{em} = T_U + T_P$

Moment du couple utile : T_U

Moment du couple des pertes : T_P

Pertes constantes : $\mathbf{P_{Cte} = UI_0 - RI_0^2 = E'_0.I_0}$

A vide, la puissance utile : $P_U = 0$

Rendement :

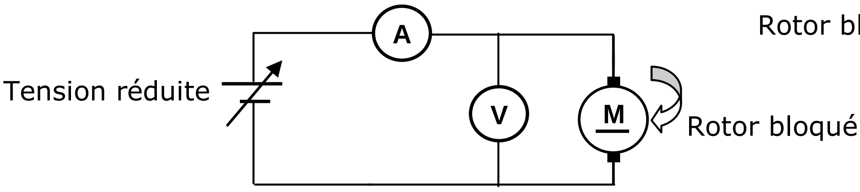
$$\eta = \frac{Pu}{Pa}$$

Moteur à excitation constante ⇒
le courant d'excitation i = Cte ⇒ le flux ϕ = Cte

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{E'_2}{E'_1}$$

Comment mesurer la résistance de l'induit ?

1[ére] méthode : Ohm-mètre   2[éme] méthode : Volt-ampéremétrique à rotor bloqué et à tension réduite



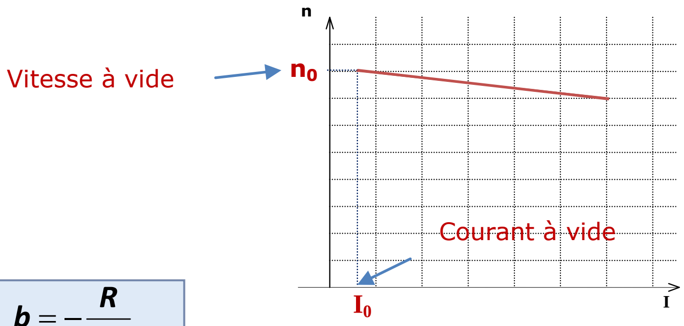
Rotor bloqué n=0 E' =0 U= RI

$$R = \frac{U}{I}$$

Caractéristiques d'un moteur à courant continu :

- Caractéristique de vitesse **n = f(I) à U = cte et i_{ex} = cte**
- Caractéristique de couple **T_u = f(I) à U = cte et i_{ex} = cte**
- Caractéristique mécanique **T_u = f(n) à U = cte et i_{ex} = cte**

1- Caractéristique de vitesse :



$$E' = nN\phi \Rightarrow n = \frac{E'}{N\phi} \quad or \; E' = U - RI$$

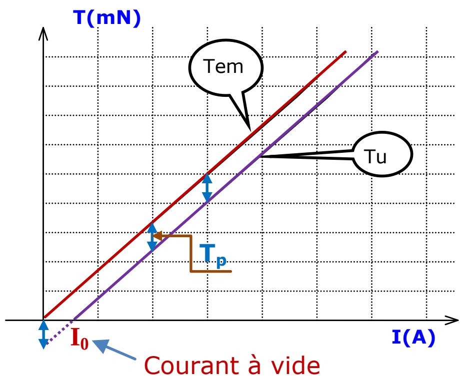
$$n = \frac{U - RI}{N\phi} = \frac{U}{N\phi} - \frac{R}{N\phi} \times I$$

$$n = \frac{U}{N\phi} - \frac{R}{N\phi} \times I = a + bI$$

$$a = \frac{U}{N\phi} \qquad b = -\frac{R}{N\phi}$$

C'est l'équation d'une droite affine de pente négative

2- Caractéristique de couple :



$$T_{em} = \frac{P_{em}}{\Omega} = \frac{E'I}{\Omega} = \frac{nN\phi}{2\pi n} \times I = \frac{N\phi}{2\pi} \times I \quad \Rightarrow T_{em} = \frac{N\phi}{2\pi} \times I$$

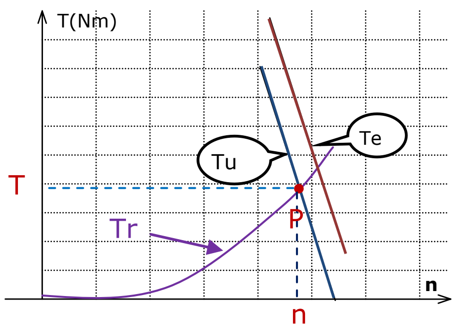
$$T_{em} = K \times I \qquad avec \; K = \frac{N\phi}{2\pi}$$

C'est l'équation d'une droite linéaire de pente positive K

$T_u = T_{em} - T_p$ Pour la caractéristique Tu=f(I) C'est une droite affine de même pente K et d'ordonné à l'origine $-T_p$

$$T_u = \frac{N\phi}{2\pi} \times I - T_p$$

3- Caractéristique mécanique :



à partir des deux caractéristiques précédentes $n = \frac{U}{N\phi} - \frac{R}{N\phi} \times I$

$$\frac{R}{N\phi} \times I = \frac{U}{N\phi} - n \Rightarrow I = \frac{U}{N\phi} \times \frac{N\phi}{R} - \frac{N\phi}{R} \times n \qquad I = \frac{U}{R} - \frac{N\phi}{R} \times n$$

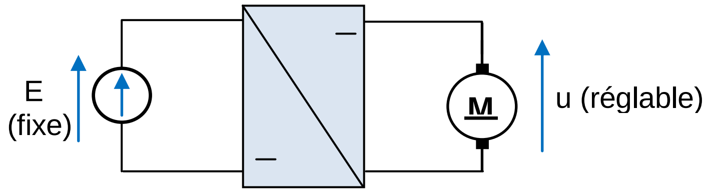
$$T_u = \frac{N\phi}{2\pi} \times I - T_p = \frac{N\phi}{2\pi}\left(\frac{U}{R} - \frac{N\phi}{R} \times n\right) - T_p = \left(\frac{N\phi U}{2\pi R} - Tp\right) - \frac{(N\phi)^2}{2\pi R} \times n$$

C'est l'équation d'une droite affine de pente négative

Point de fonctionnement c'est l'intersection des deux caractéristiques Tu=f(n) et Tr=f(n)

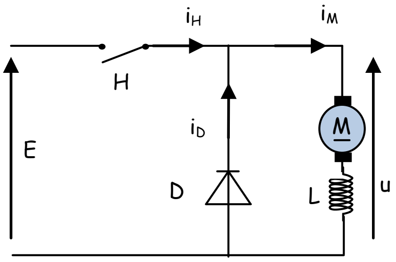
Variation de la vitesse par action sur la tension U à flux constant par hacheur série :

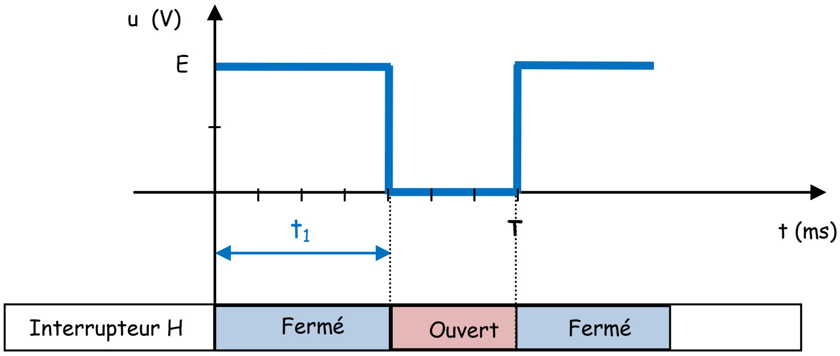
C'est quoi un hacheur ?

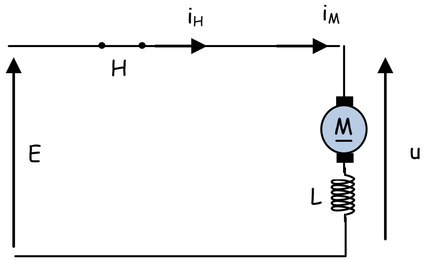


Hacheur

Un hacheur est un convertisseur : tension continue fixe E – tension continue réglable u.
Il est composé d'un interrupteur électronique unidirectionnel H (**transistor ou thyristor**) fermé pendant un intervalle de temps $t_1 = \alpha T$, et ouvert pendant le reste de la période T. Une diode de roue libre D permet la protection du transistor ou du thyristor.

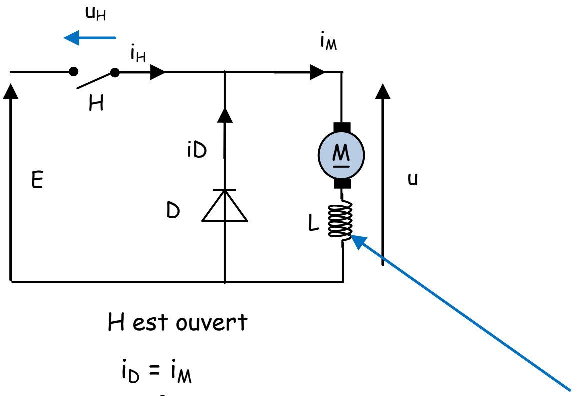






H est fermé

$i_H = i_M$
$i_D = 0$



H est ouvert

$i_D = i_M$
$i_H = 0$

Bobine de lissage

Le rapport cyclique : $\alpha = \dfrac{t_1}{T}$

La valeur moyenne de la tension aux bornes du moteur est $\langle u \rangle = u_{moy} = \alpha E$

$0 \leq \alpha \leq 1$ donc $0 \leq U_{moy} \leq E$ donc $0 \leq n \leq n_n$

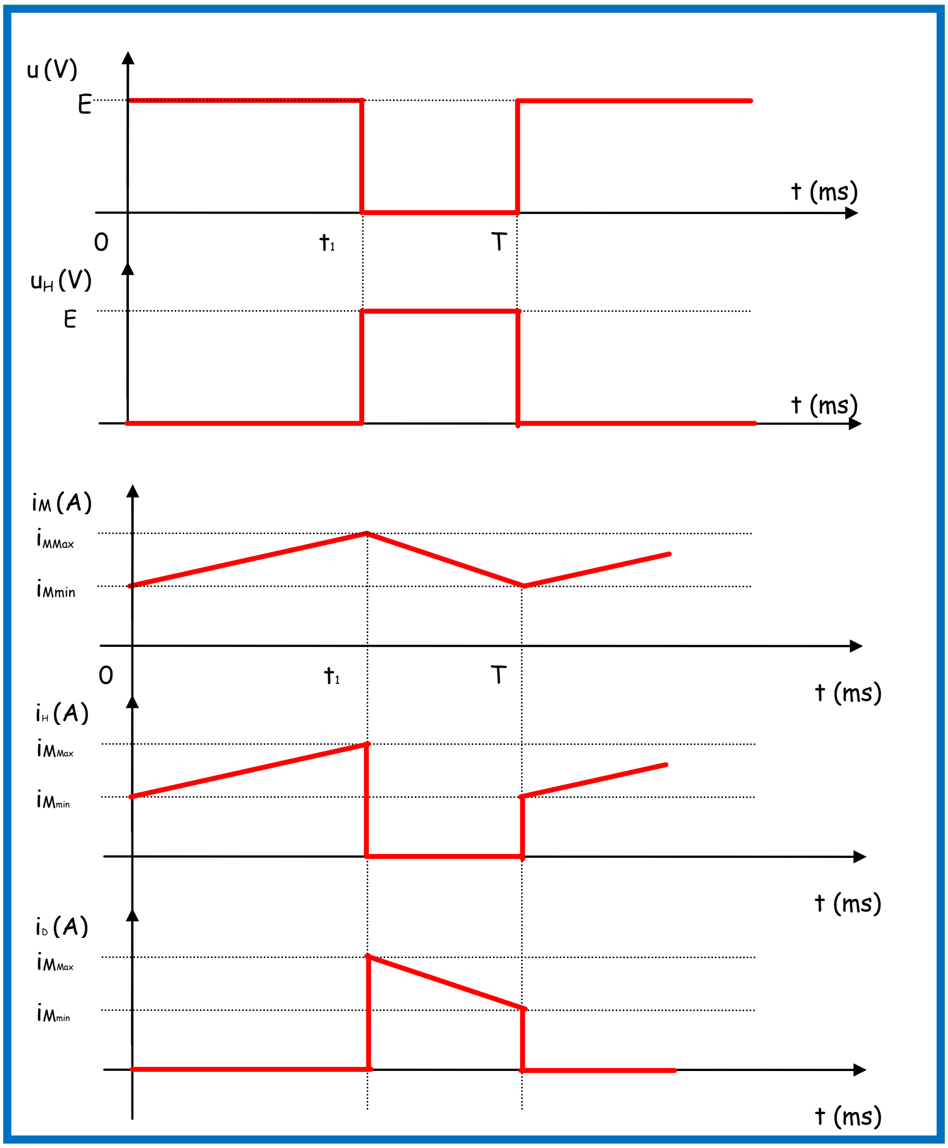
La valeur moyenne de la tension de sortie est variable de 0 à E suivant la valeur de α et par suite la vitesse du moteur varie entre 0 et la vitesse nominale.

La valeur moyenne du courant absorbé par l'induit : $\langle i \rangle = i_{Mmoy} = \dfrac{I_{M\,max} + I_{Mmin}}{2}$

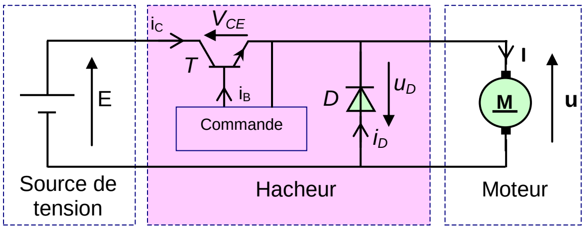
Comment on peut diminuer l'ondulation du courant ?

Deux solutions : 1ére solution : en ajoutant en série avec l'induit une bobine dite bobine de lissage

2ére solution : en augmentant la fréquence de hachage f_H



Exemple de hacheur série



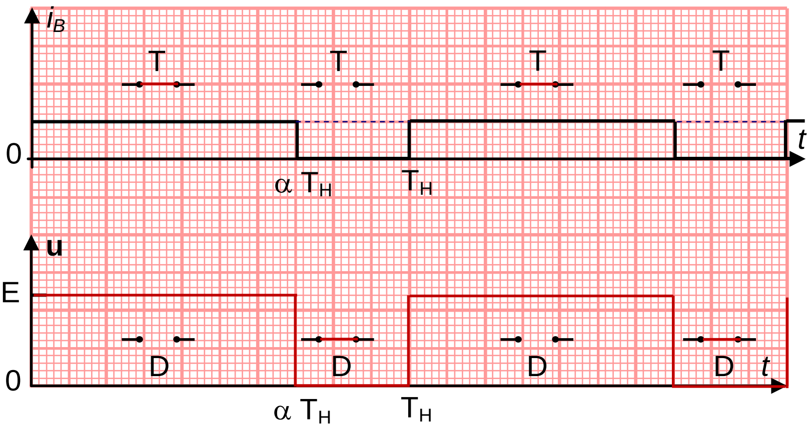
Le transistor est commandé périodiquement.

La période de hachage est T_H .

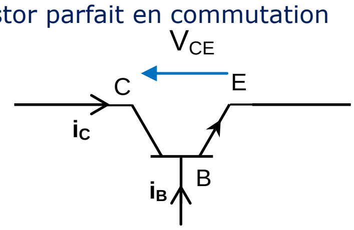
Nous appellerons rapport cyclique le rapport suivant :

$$\alpha = \frac{\text{Temps de saturation du transistor}}{\mathbf{T_H}}$$

$$\mathbf{0 \leq \alpha \leq 1}$$



Transistor parfait en commutation



Transistor bloqué : i_B = 0 ; le transistor est équivalent à un interrupteur ouvert

Transistor saturé : $i_B \neq 0$; le transistor est équivalent à un interrupteur fermé

